

# ***SULLE TRACCE DEI GHIACCIAI***

## **PATAGONIA 2016**

### **Spedizione Scientifica “Patagonia 2016” al Ghiacciaio Exploradores, Ande Patagoniche, Cile**

Nella primavera 2016 si è svolta una missione scientifica al Ghiacciaio Exploradores nelle Ande Patagoniche in Cile. La missione si è svolta nell’ambito del Progetto GlacioVar, sostenuto dal Dipartimento per gli affari regionali, le autonomie e lo sport della Presidenza del Consiglio dei Ministri (DARAS). Il progetto, che era coordinato dalla prof. Guglielmina Diolaiuti del Dipartimento di Scienze della Terra dell’Università degli Studi di Milano con la collaborazione del prof. Claudio Smiraglia della stessa Università, si inserisce nel più ampio progetto TEMATIC (TEsting Methods And Techniques for Investigating the Cryosphere) che vede coinvolta anche l’Università di Roma “La Sapienza” – Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA), con il coordinamento del Prof. Mattia Crespi, con la partecipazione dell’Associazione Macromicro diretta da Fabiano Ventura attraverso il progetto “Sulle tracce dei ghiacciai”)

La missione si è svolta da metà marzo fino al 6 aprile con un totale di 13 giorni trascorsi in attività sul ghiacciaio e di preparazione.

Il gruppo dei ricercatori di Unimi era così composto:

Chiara Compostella Università di Milano: misure bilancio di massa e raccolta campioni per analisi sedimentologiche e mineralogiche

Davide Fugazza Università di Milano: misure radiometriche

Marco Caccianiga Università di Milano: rilevamento botanico

Andrea Tamburini IMAGEO Srl: misure GPS e Laser Scanner

Gian Pietro Verza Ev-K2-CNR: supporto tecnico generale e accompagnamento su ghiacciaio

Il sito di indagine è stato il Ghiacciaio Exploradores che scende dal monte San Valentin, 4070 m, 46° 30' Nord e 73° 10' Ovest, ubicato al margine settentrionale dello Hielo Patagonico Norte; la lingua del Ghiacciaio Exploradores ha una lunghezza di quasi 7 Km, e una larghezza di 2,5 Km che aumenta progressivamente fino ai 4,5 km della fronte, quote da 170 a 370 m. La zona è inclusa nel Parque National Laguna San

Rafael, un'area protetta gestita dal CONAF, Corporazione Nazionale Forestale Cileno, un ente privato coordinato dal Ministero dell'Agricoltura, il cui compito principale è quello di gestire la politica forestale in Cile e promuovere lo sviluppo del settore.

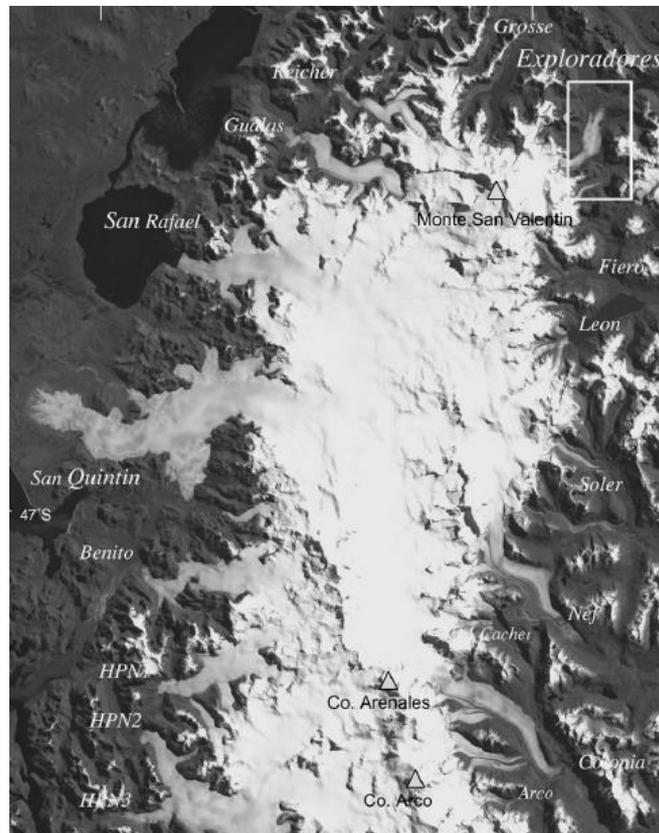


Immagine da satellite dello Hielo Patagónico Norte (Landsat 2011). Il rettangolo indica il Ghiacciaio Exploradores

Scopo della missione in Cile era testare metodi e tecniche di indagine glaciologica per valutarne applicabilità ed efficacia, che saranno successivamente applicate anche in aree alpine italiane. In particolare ci si proponeva di sviluppare metodi di indagine strumentali per la descrizione dello SWE (Snow Water Equivalent) e di modelli di distribuzione per quantificare l'accumulo nevoso in aree glaciali e il contributo al bilancio idrico dei bacini montani e di sviluppare metodi di quantificazione della variazioni geometriche e morfologiche di forme glaciali in rapida evoluzione, basati sull'analisi di immagini da terra appositamente realizzate e sull'elaborazione di modelli 3D e loro confronto. Il tutto preceduto da analisi *remote sensing* (immagini satellitari) per la mappatura dell'albedo glaciale in area di ablazione e dall'implementazione delle procedure geomatiche già messe a punto, anche con realizzazione di software e applicativi specifici.

La scelta del sito, oltre alla sua rappresentatività di un settore della criosfera di importanza fondamentale nel bilancio energetico e ambientale globale (gli icefield o Campo de Hielo della Patagonia costituiscono uno dei settori maggiormente

glacializzati del nostro pianeta al di fuori delle regioni polari), è derivata dalla disponibilità di dati pregressi che stanno permettendo un confronto fra la situazione precedente e quella attuale, fornendo importanti indicazioni sull'evoluzione in atto di questo settore della Patagonia. Infatti nel 2012 è stata realizzata una precedente missione sullo stesso ghiacciaio nell'ambito di un progetto finanziato dal Ministerio de Obras Publicas del Governo Cileno, dedicato allo studio delle variazioni glaciali in Patagonia in rapporto ai cambiamenti climatici. Il progetto era coordinato dai proff. Guglielmina Diolaiuti e Claudio Smiraglia.



*Il settore inferiore del Ghiacciaio Exploradores nel 2012 e nel 2016 (foto A. Tamburini)*

Durante la missione sono state effettuate le seguenti misure:

**Entità della fusione e velocità superficiale.** Mediante la collocazione di paline ablatometriche si sono creati numerosi punti di misura sui quali sono state effettuate due misure di posizione GPS a inizio e fine campagna, utilizzando strumentazione

geodetica con precisione centimetrica. E' stato utilizzato come punto di riferimento un caposaldo della DGA-UHN (Direccion General de Aguas-Unidad de Glaciologia y Nieves) ubicato su un grosso masso nella piana antistante la fronte glaciale, ai piedi del fianco interno della morena frontale. E' il medesimo caposaldo utilizzato nelle misure effettuate nel 2012. L'elaborazione dei dati raccolti indica che le velocità superficiali misurate durante la missione variano da un minimo di 15 cm/giorno ad un massimo di 77 cm/giorno. La distribuzione delle velocità presenta una progressiva diminuzione da monte verso valle, a fronte di un progressivo aumento di larghezza della lingua. Per quanto riguarda il tasso giornaliero di fusione del ghiaccio, sono stati misurati valori compresi tra 4 e 6 cm/giorno.



*I ricercatori UNIMI sul Ghiacciaio Exploradores*

**Misure dell'albedo** volte a valutare la capacità della superficie del ghiacciaio di riflettere l'energia solare, nelle frequenze della radiazione visibile e in quella dell'infrarosso. La differenza tra l'energia in arrivo dal sole e quella riflessa dal ghiacciaio contribuisce alla fusione superficiale e a modificare la morfologia superficiale del ghiacciaio. I principali fattori che influenzano l'albedo sono quelli meteorologici, cioè pioggia o neve, e la presenza di detrito superficiale. La neve riflette maggiormente l'energia solare e pertanto in caso di nevicate si ha un albedo più alta rispetto al ghiaccio. La presenza di detrito, al contrario, contribuisce a diminuire l'albedo perché aumenta l'assorbimento di radiazione. La pioggia, infine, causa un temporaneo incremento dell'albedo poiché allontana il detrito presente sulla superficie

del ghiaccio. Sul Ghiacciaio Exploradores si sono cartografate nel settore inferiore della lingua le aree coperte da detrito. Estensioni significative di detrito sono state rilevate nella fascia frontale e sulla colata di sinistra, interamente ricoperta. In questi casi, la riflessione di radiazione solare è risultata minore del 10%. Il resto del ghiacciaio è invece caratterizzato da ghiaccio esposto talvolta ricoperto da detrito sparso, anche minuto. Qui, l'albedo misurata varia tra il 10 e oltre il 40% in funzione delle caratteristiche dimensionali della copertura detritica.



*Misure di albedo del detrito*

**Raccolta di campioni di sedimenti supragliaciali** per le analisi chimiche e biologiche del detrito. Sono in corso le analisi chimiche, fisiche e biologiche al fine di valutare correlazioni con i dati di ablazione e le misure di albedo e di evidenziare se e in quale misura le caratteristiche del detrito possono influenzare i tassi di fusione e l'albedo del ghiaccio.

**Riprese laser scanner della fronte glaciale** che hanno fornito un'immagine tridimensionale rappresentata da una nuvola di quasi 20 milioni di punti. La nuvola di punti complessiva è stata ottenuta dall'assemblaggio di riprese parziali effettuate da 6

diversi punti di ripresa, allo scopo di ridurre il più possibile le zone d'ombra. La ripetizione delle misure potrà permettere un'accurata analisi delle variazioni morfologiche e volumetriche di questo settore del ghiacciaio. E' in corso anche un confronto con i risultati ottenuti dal gruppo dell'Università di Roma Sapienza coordinato dal prof. Crespi.



*Misure laser scanner della fronte del ghiacciaio*

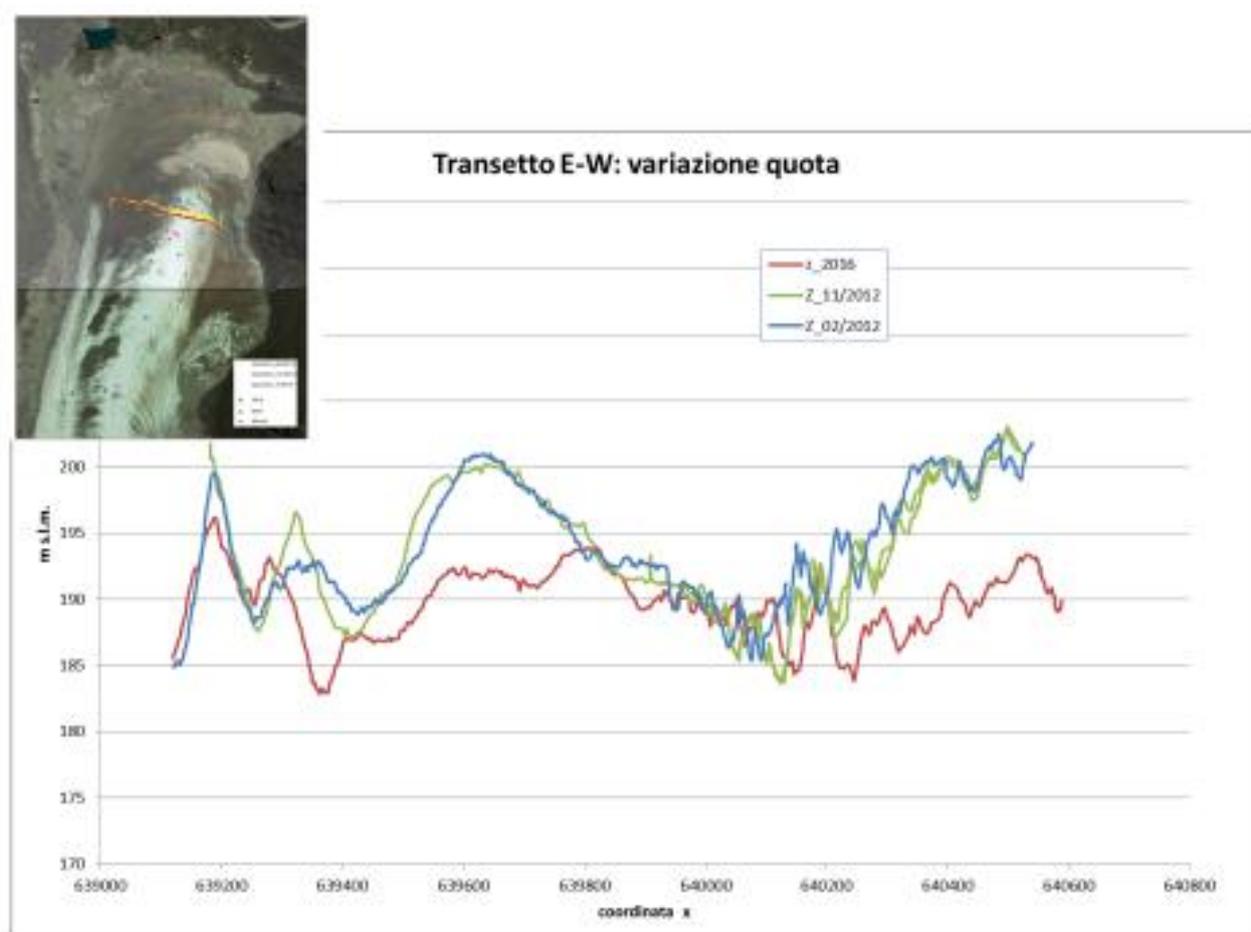
**Studio botanico della colonizzazione dei depositi glaciali** da parte delle specie locali che vivono in una favorevole condizione climatica caratterizzata da bassa quota e alta piovosità, arrivando a formare una vera e propria foresta pluviale a contatto col ghiacciaio. Le principali specie vegetali per i depositi glaciali di diversa età sono state individuate e descritte dal punto di vista morfologico e funzionale per caratterizzare ecologicamente la dinamica ambientale che segue il ritiro del ghiacciaio.

L'elaborazione dei dati raccolti è attualmente in corso. I primi risultati, anche sulla base del confronto con i dati pregressi, danno già indicazioni interessanti.

In particolare le elevate velocità del ghiacciaio sono confrontabili con i dati raccolti da altre spedizioni, in particolare da una missione giapponese del 2003-2005, che misurò velocità variabili fra 5 e 40 cm/giorno). Si conferma quindi che la lingua dell'Exploradores si muove con notevole velocità che può arrivare anche ad oltre un

centinaio di metri all'anno. Da sottolineare i valori molto elevati della fusione giornaliera (4-6 cm/giorno), che per mantenere in equilibrio il ghiacciaio devono essere compensati dal veloce apporto di neve e ghiaccio dal bacino di accumulo. Come evidenziato dai ricercatori giapponesi già citati, i loro rilievi indicavano che non era in atto una sensibile riduzione di spessore in quanto l'elevato tasso di fusione giornaliera era compensato da una elevata velocità di emersione (*from our measurements, the emergence velocity and the melting rate in the ablation area are found to be about the same, which is important for maintaining the stability of the terminus*, Aniya et al., 2007); ciò poteva giustificare la relativa stabilità dell'Exploradores, mentre le altre lingue dello Hielo Patagonico Norte stavano retrocedendo.

Una prima elaborazione dei dati GPS raccolti durante la nostra spedizione confrontati con quelli del 2012 lungo una sezione trasversale Est-Ovest del settore frontale indica una notevole riduzione di spessore (anche di alcuni metri nelle zone di ghiaccio non coperto da detrito) su un arco temporale ovviamente più lungo rispetto a quello degli altri ricercatori. Va sottolineato che il confronto fra i dati 2012 raccolti all'inizio e alla fine dell'anno indicano una riduzione di spessore molto più limitata e condizionata dalla irregolare distribuzione del detrito.



*Variazioni di quota lungo un transetto frontale fra il 2012 e il 2106 (elaborazione A. Tamburini)*

La riduzione di spessore a scala pluriennale potrebbe costituire un'indicazione di uno squilibrio fra ablazione ed alimentazione che potrebbe portare in breve ad un arretramento frontale ed un allineamento dell'Exploradores con l'evoluzione degli altri ghiacciai dello HPN. Ci sono comunque già evidenze di questa ulteriore fase, in particolare la formazione di vasti e numerosi laghi epiglaciali e di contatto glaciale che stanno provocando l'ablazione di vasti settori della fronte. Va comunque aggiunto che la ripetizione delle misure GPS ha evidenziato anche una notevole variabilità della fusione in relazione alla presenza o meno della copertura detritica superficiale. Risulta infatti evidente come spessori elevati di detrito tendano a ridurre l'ablazione soprattutto nel settore occidentale della lingua, dove il detrito copre vaste superfici con spessore superiore ai 5-10 cm. Tuttavia, come appare chiaro anche dalle immagini, la distribuzione irregolare, sia come spessore sia come entità dell'area ricoperta, sta favorendo veloci processi di ablazione differenziale; questi stanno creando nel settore terminale della fronte (settor occidentale) una tipica morfologia a coni e depressioni (*hummocky morphology*) che riduce velocemente la capacità del detrito di ridurre l'ablazione e favorire il mantenimento del ghiaccio sottostante.



*Settore inferiore occidentale della fronte del ghiacciaio con laghi di contatto glaciale e morfologia a coni e depressioni (foto A. Tamburini)*